

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e

Pesquisas Computacionais

Ulisses Welp Sá

**OTIMIZAÇÃO DE SERVIÇOS EM REDES ATENDIDAS POR
ENLACES SATÉLITES**

Rio de Janeiro

2016

Ulisses Welp Sá

**OTIMIZAÇÃO DE SERVIÇOS EM REDES
ATENDIDAS POR ENLACES SATÉLITES**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Moacyr Henrique Cruz de Azevedo, M.Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2016

Ulisses Welp Sá

**OTIMIZAÇÃO DE SERVIÇOS EM REDES
ATENDIDAS POR ENLACES SATÉLITES**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em março de 2016.



Moacyr Henrique Cruz de Azevedo, M.Sc., UFRJ, Brasil

Dedico este trabalho a minha esposa Glaucia e aos meus filhos Matheus, Raphael e Beatriz, amores da minha vida, pelo companheirismo e como resposta aos momentos de ausência para realização deste trabalho. Vocês são o porto seguro para todas as ocasiões.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Norma e Fernando, pelos conselhos que muito me ajudaram a trilhar o meu caminho.

Ao Sr. Antonio Carlos da Costa Pereira, pelo incentivo e grande apoio despendido para a realização deste curso.

E por último, ao Prof. Moacyr Henrique Cruz de Azevedo, pela maneira amigável, profissional, sábia e motivadora, com a qual conduziu suas atividades como orientador e também como coordenador do Programa MOT C.N. (*Management of Technology in Computer Networks*).

RESUMO

SÁ, Ulisses Welp. **OTIMIZAÇÃO DE SERVIÇOS EM REDES ATENDIDAS POR ENLACES SATÉLITES**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

A comunicação permite que as descobertas do homem sejam compartilhadas e aperfeiçoadas, diversas invenções tornaram cada vez mais rápidas e democráticas a divulgação de informações, tais como o telégrafo, o telefone e a Internet. Atualmente, a fibra óptica é o principal canal que permite o escoamento dos dados, em virtude da sua elevada largura de banda, porém, a partir dela não é possível atender a todas as demandas, como por exemplo a comunicação móvel e o provimento de conexão em localidades onde a sua instalação é economicamente inviável.

Os enlaces satélites vêm atender estes nichos, pois, dependendo da altura de sua órbita, podem atender a grandes áreas, porém, esse canal de comunicação possui algumas limitações como a baixa banda passante e o alto atraso de propagação dos dados.

Este trabalho tem como objetivo apresentar algumas propostas que visam a otimização de uso de um enlace satélite, a partir da redução do consumo de sua banda pelas redes que o utilizam, através do uso de ferramentas apropriadas e configurações pontuais nos servidores, o que irá permitir uma melhora do serviço ofertado ao usuário final.

Palavras-chave: Enlace Satélite, Internet, Fibra Óptica.

ABSTRACT

SÁ, Ulisses Welp. **OTIMIZAÇÃO DE SERVIÇOS EM REDES ATENDIDAS POR ENLACES SATELITES**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

The communication allows the man's discoveries are shared and improved, several inventions become increasingly fast and democratic the propagation of information, such as the telegraph, the telephone and the Internet. Currently, optical fiber is the main channel that allows the flow of data, because of its high bandwidth, however, since it is not possible to meet all demands, for example a mobile communication and the provision connection in locations where the installation is economically unviable.

Satellites links come meet these niches because, depending on the height of its orbit, they can serve large areas, however, this communication channel has some limitations such as low bandwidth and high propagation delay of the data.

This work aims to present some proposals to use optimization of a satellite link from the reduction in consumption of your bandwidth for networks that use it, through the use of appropriate tools and specific configurations on servers, which will allow an improvement in the service offered to the end user.

Keywords: Satellite Link, Internet, Optical Fiber.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Sputnik 1	21
Figura 2 - Explorer 1 e seus inventores	21
Figura 3 - Tipos de órbita	24
Figura 4 - Proporção de Telecentros em funcionamento por tipo de conexão	30
Figura 5 - Diagrama genérico de uma rede acessando os servidores de atualização	32
Figura 6 - Diagrama genérico de uma rede utilizando servidor de atualização espelho	33
Figura 7 - Servidor <i>proxy</i> Web	36
Figura 8 - Esquema de uma rede com um servidor <i>proxy</i> Web	37
Figura 9 - Topologia macro para troca de e-mails na Internet	40
Figura 10 - Estrutura do endereço de e-mail	41
Figura 11 - Posição do <i>firewall</i> entre a rede administrada e o mundo exterior	42
Figura 12 - Topologia de um serviço de correio móvel que utiliza um enlace para comunicação entre o servidor de autenticação e o servidor de correio	44
Figura 13 - Antena estabilizada e respectivo <i>radome</i>	46
Figura 14 - Antena da EMN do Navio-Patrolha Oceânico “Araguari”	46
Figura 15 - Terminal móvel	47
Figura 16 - Integração da EMN com o <i>Hub</i>	48
Figura 17 - Antena instalada com pequeno arco cego	49
Figura 18 - Antena instalada com grande arco cego	49
Figura 19 - Topologia macro proposta para LAN de um navio	51
Figura 20 - Topologia proposta para LAN de um navio	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocupação de um enlace para consulta NTP

Página
39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de políticas e regras de filtragem de pacotes	Página 42
---	--------------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
CGI.br	Comitê Gestor da Internet no Brasil
E-mail	<i>Electronic mail</i>
EMN	Estação Móvel Naval
EUA	Estados Unidos da América
FSS	<i>Fixed-Satellite Services</i>
GEO	<i>Geostationary Earth Orbit</i>
Gesac	Governo Eletrônico – Serviço de Atendimento ao Cidadão
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPTV	<i>Internet Protocol Television</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LEO	<i>Low-Earth Orbit</i>
MEO	<i>Medium-Earty Orbit</i>
MSS	<i>Mobile-Satellite Services</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
NTP	<i>Network Time Protocol</i>
P2P	<i>Peer-to-Peer</i>
QoS	Qualidade de Serviço
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
UIT	União Internacional de Telecomunicações
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
VSAT	<i>Very Small Aperture Terminal</i>
WSUS	<i>Windows Server Update Services</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 MOTIVAÇÃO	16
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	17
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2 SATÉLITES	19
2.1 APRESENTAÇÃO	19
2.2 HISTÓRICO	20
2.3 SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS	22
2.4 SATÉLITES DE ÓRBITA MÉDIA	22
2.5 SATÉLITES DE ÓRBITA BAIXA	23
2.6 SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS <i>VERSUS</i> DE ÓRBITA BAIXA	24
2.7 SATÉLITES <i>VERSUS</i> FIBRA ÓPTICA	25
3 SITUAÇÕES PARA EMPREGO DE ENLACES SATÉLITES EM REDES	26
4 OTIMIZANDO O ENLACE	31
4.1 ATUALIZAÇÕES DE <i>SOFTWARE</i>	32
4.2 SERVIDOR <i>PROXY</i>	34
4.2.1 <i>Cache</i>	35
4.2.2 Controle de Acesso	37
4.3 SERVIDORES DE SINCRONISMO DE HORA	38
4.4 SERVIDOR DE CORREIO ELETRÔNICO	40
4.5 <i>FIREWALL</i>	41
4.6 QUALIDADE DE SERVIÇO	43
4.7 CORREIO MÓVEL	43
5 TOPOLOGIAS PROPOSTAS PARA A OTIMIZAÇÃO DOS ENLACES	45
5.1 ESTAÇÃO MÓVEL NAVAL (EMN)	45
5.2 TOPOLOGIA DA REDE LOCAL UTILIZANDO UMA EMN	50
6 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Há cerca de 1,5 a 2 milhões de anos os hominídeos eram tribos nômades que buscavam locais para satisfazer suas necessidades de água e comida. Eles já possuíam um certo grau de comunicação, o que possibilitava a coesão de seus grupos. Começaram a transferir seu aprendizado acumulado, o que permitiu que seus conhecimentos próprios não morressem com eles. A importância dessa interação entre os indivíduos é assim relatada por Barradas (1995, p. 1):

Aliados ao desenvolvimento da inteligência humana, a transferência, o aprendizado e o arquivamento de informações não só propiciaram a evolução intelectual de cada indivíduo, como também foram fundamentais para estruturação grupal (BARRADAS, 1995, p.1).

Foi essa comunicação que permitiu e permite até hoje que as descobertas sejam compartilhadas e aperfeiçoadas. Há aproximadamente 40 mil anos a linguagem surgiu como meio eficiente de comunicação. No século XV, o alemão Jönnan Genfleisch Gutemberg, com a invenção da tipografia, tornou a divulgação dos registros, antes manuscritos, muito mais barata. Já em 1838, Samuel Finley Morse e seus companheiros utilizaram um par de fios para se comunicar a distância, nascia o telégrafo (BARRADAS, 1995, p. 1, 2, 25). Um pouco mais tarde, em 1875, Alexander Graham Bell efetuava a primeira transmissão elétrica da voz através do fio, estava inventado o telefone. E, no século XX, a Internet propiciou uma gigantesca integração mundial, onde o compartilhamento da informação foi democratizado (MEDEIROS, 2007).

Segundo Barradas (1995, p.1), quanto mais complexa e avançada é uma sociedade, maior é a quantidade de informação que circula entre seus membros, através de diversas fontes, tais como: jornais, revistas, livros, rádio, TV e Internet.

A frase de Drucker (2001, p. 26), “quem tem informação tem poder”, apresenta a importância de se ter acesso ao conhecimento, tanto, que de acordo com o artigo 3º da Convenção de Viena sobre Relações Diplomáticas de 1961, que regula a atividade dos agentes diplomáticos, temos (PORTELA, 2015, p. 221):

As funções de uma Missão diplomática consistem, entre outras, em:
[...]

- d) inteirar-se por todos os meios lícitos das condições existentes e da evolução dos acontecimentos no Estado acreditado e informar a esse respeito o Governo do Estado acreditante;
 - e) promover relações amistosas e desenvolver as relações econômicas, culturais e científicas entre o Estado acreditante e o Estado acreditado.¹
- (BRASIL, 1965).

A Internet, como um dos mais novos meios de comunicação, também passou a ser alvo de interesse dos governos, conforme relatado no trecho a seguir:

No entanto, os Estados e seus aliados se adiantaram para tomar o controle do nosso novo mundo – controlando suas bases físicas. O Estado, tal qual um exército ao redor de um poço de petróleo ou um agente alfandegário forçando o pagamento de suborno na fronteira, logo aprenderia a alavancar seu domínio sobre o espaço físico para assumir o controle do nosso reino platônico. O Estado impediria nossa tão sonhada independência e, imiscuindo-se pelos cabos de fibra óptica, pelas estações terrestres e pelos satélites, iria ainda mais longe, interceptando em massa o fluxo de informações do nosso novo mundo [...] (ASSANGE *et al.*, 2013).

A popularização da Internet consolidou uma nova maneira de comunicação, pois tornou-se a principal forma de comunicação nos dias atuais, disponibilizando uma infinidade de serviços. Como já citado, o desenvolvimento de uma sociedade está intimamente ligado ao acesso da informação, sendo assim, se faz importante que empresas e países permitam o acesso de todos à grande rede, todavia, esta não é uma tarefa fácil para um país com as dimensões continentais do Brasil.

¹ O Estado que envia agentes diplomáticos é chamado acreditante e o que recebe acreditado (PORTELA, 2015).

Nos dias atuais, fibras ópticas são um dos principais canais de ligação à Internet, em virtude da sua grande largura de banda, todavia, elas não estão disponíveis para grande parte dos usuários. Uma única fibra possui maior capacidade de banda que muitos satélites. Muitas vezes é economicamente inviável criar uma infraestrutura cabeada de Internet para pequenas localidades, existe também um outro caso que a mesma é inviável, na comunicação móvel. Nestes casos, uma das alternativas para permitir a conectividade é a utilização de enlaces satélites (TANENBAUM, 2003).

Enlaces satélites são utilizados na infraestrutura de comunicações desde o século XX, nos últimos anos, esses sistemas passaram a desempenhar um importante papel no transporte de sinais de telecomunicações, pois o mesmo tem a vantagem de cobrir grandes áreas, como também, atender locais onde outras tecnologias como cabos de fibra óptica e enlaces de micro-ondas terrestres não podem chegar ou chegam com um custo proibitivo. Outro grande trunfo do satélite é sua mobilidade, pois o mesmo permite a sua instalação em embarcações, veículos, aeronaves, como também em acampamentos, permitindo o fornecimento de conectividade aos usuários (OLIVEIRA, 2002).

Normalmente, para esta comunicação são utilizados os chamados satélites geoestacionários, que estão localizados a 35.800 km da superfície da terra sobre o Equador, estas grandes distâncias, somado ao percurso de subida e de descida do sinal, acaba ocasionando grandes retardos. Soma-se a este problema a baixa banda normalmente disponibilizada por este tipo de enlace, quando comparado a disponibilizada por uma fibra óptica, o que acaba degradando a Qualidade de Serviço (QoS) para determinadas aplicações em tempo real, como, por exemplo, aplicações de voz e videoconferência (TANENBAUM, 2003).

Considerando que o uso de satélites geoestacionários é uma opção viável para diversas regiões e ocasiões, torna-se importante descobrir um modo de minimizar os problemas de vazão de redes que estão atreladas a esse tipo de tecnologia, a fim de permitir um ganho na qualidade dos serviços disponibilizados aos usuários que utilizam esse canal de comunicação. Este trabalho irá apresentar soluções que visam minimizar o tráfego de dados na rede, suprimindo comunicações desnecessárias.

1.1 MOTIVAÇÃO

A Internet permitiu a democratização da informação, ela pode ser comparada a invenção do tipo mecânico móvel para impressão por Gutenberg, que permitiu a Revolução da Imprensa (KNIGHT, 2014). Kurose (2010), descreve o crescimento da grande rede:

[...] Nos últimos 40 anos, foram criadas numerosas aplicações de rede engenhosas e maravilhosas. [...] na década de 1970 e 1980: correio eletrônico, acesso a computadores remotos, transferência de arquivo, grupos de discussão e bate-papo e também uma aplicação que alcançou estrondoso sucesso em meados da década de 1990: a *World Wide Web*, abrangendo a navegação Web, busca e o comércio eletrônico. Duas aplicações de enorme sucesso também surgiram no final do milênio – mensagem instantânea com lista de amigos e compartilhamento P2P de arquivos, assim como muitas aplicações de áudio e vídeo, incluindo a telefonia por Internet, transmissão e compartilhamento de vídeo, rádio via Internet e televisão sobre o protocolo IP (IPTV). Além disso, a penetração crescente de acesso residencial banda larga e a onipresença de acesso sem fio estão preparando o terreno para aplicações mais modernas e interessantes no futuro. (KUROSE, 2010, p.1)

Fica evidente a necessidade de se estar conectado à Internet, a fim de se usufruir de todos os serviços por ela oferecidos, porém em determinadas localidades ou em certas ocasiões, onde a mobilidade é um fator preponderante, este acesso fica comprometido, pois torna-se demasiadamente custoso ou até inexecutável. Para estas situações os enlaces via satélites passam a ter uma importância fundamental,

pois eles fornecem a conectividade necessária para grandes regiões, porém, este tipo de tecnologia possui certas limitações que, podem prejudicar o acesso aos aplicativos disponibilizados pela grande rede. Sendo assim, é importante buscar meios de minimizar alguns efeitos adversos dessa tecnologia, através da utilização de algumas ferramentas (TANENBAUM, 2003).

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo permitir o fornecimento de um melhor serviço de acesso às aplicações de Internet, aos usuários que utilizam redes onde sua conectividade é provida por enlaces satélites, através da utilização de ferramentas que diminuam o acesso desnecessário a Internet. Esta otimização será realizada por equipamentos que terão como função prover serviços a estas redes, de forma que o canal de dados seja utilizado apenas quanto estritamente necessário.

Existem algumas soluções para otimização de enlaces satélites que envolvem a otimização do protocolo (OLIVEIRA,2002), necessitando ação da operadora contratada para sua implantação. Para a solução a ser apresentada, será preciso apenas alterações na rede do usuário, através da inclusão de alguns equipamentos na rede e pela realização de algumas configurações.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está dividido da seguinte forma:

- o Capítulo 2 visa a apresentação dos satélites, faz uma pequena abordagem do histórico, do seu emprego e das órbitas normalmente empregadas;

- o Capítulo 3 descreve algumas situações onde o emprego dos enlaces satélites são interessantes e/ou necessárias;
- o Capítulo 4 apresenta as ferramentas e configurações que irão permitir o uso racional do enlace satélite, bem como alguns possíveis problemas dessa implementação;
- o Capítulo 5 irá esboçar um resumo da topologia de uma rede que utiliza a solução apresentada; e
- o Capítulo 6 apresentará a conclusão deste trabalho.

2 SATÉLITES

2.1 APRESENTAÇÃO

O termo “satélite” vem do latim *satelles* ou *satellitis*, que significa “guardião” ou “companheiro”, em virtude dos mesmos parecerem acompanhar os planetas nos seus deslocamentos, sendo a Lua o primeiro conhecido. A descoberta destes foi realizada por Galileu Galilei em 1610, porém ele os chamou de planetas. Foi Johannes Kepler quem os batizou com o nome satélites, em 1611.

A palavra “lua” foi utilizada por Christian Huygens, descobridor de Titã, chamando-a de lua de Saturno e passou a ser empregada para designar os satélites naturais. Satélite, por sua vez, passou a ser utilizado para denominar os objetos artificiais que gravitam em torno de um astro, normalmente um planeta, criados pelo homem e colocados em órbita para cumprir determinada missão ou ter uma determinada aplicação (NASSIF, 2001).

Os satélites artificiais podem ser classificados quanto a sua finalidade, podendo ser (NASSIF, 2001):

- astronômicos: são basicamente sondas, inicialmente orbitam a Terra para só depois seguirem o seu destino, por isso consideramos que as mesmas se comportam, durante certo tempo, como satélites. Realizam a coleta de dados astronômicos de planetas, galáxias, estrelas, meteoros e meteoritos dentre outros (CORRÊA, 2010);
- comunicações: são utilizados na transmissão de informações, funcionando basicamente como um grande repetidor de micro-ondas localizado no céu. Suas propriedades permitem seu uso em diversas aplicações, tais como: telefonia, televisão, multimídia e Internet (TANENBAUM, 2003), podendo

atender ao mesmo tempo diversas estações terrestres de localidades diferentes (MOREIRA, 2001);

- reconhecimento ou espião: são empregados para observação da Terra, usado normalmente para aplicações militares ou de inteligência, permitindo a obtenção de informações de instalações, movimentação de tropas, dentre outros (FLORENZANO, 2008);
- navegação: usado para localizar um objeto na superfície da Terra, se dividindo em dois tipos, de localização e de posicionamento. O primeiro necessita que o objeto a ser encontrado emita um sinal que será recebido pelo satélite, permitindo que sua localização seja encontrada. O segundo não precisa emitir nenhum sinal, pois são os satélites que enviam aos receptores sinais de rádio, que permitem determinar a sua localização geográfica, sendo utilizado pelos aparelhos de GPS (CORRÊA, 2010);
- meteorológicos: permitem o monitoramento do tempo e do clima na Terra (CORRÊA, 2010); e
- observação: utilizados no monitoramento do planeta, fazendo o acompanhamento da cobertura vegetal, crescimento das cidades, mapeamento geográfico, dentre outros (CORRÊA, 2010).

2.2 HISTÓRICO

O primeiro satélite artificial colocado com sucesso na órbita da Terra foi o Sputnik 1, palavra russa que significa “companheiro” (satélite, no sentido astronômico), sua designação completa era *Iskustvenyi Sputnik Zewli*, ou companheiro artificial da Terra, foi lançado em 4 de outubro de 1957 pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). Consistia em uma esfera de

alumínio de 58 centímetros de diâmetro, 83,6 quilogramas e quatro antenas, que continha instrumentos rudimentares e um transmissor de rádio. Emitia sons em determinadas frequências, que podiam ser recebidos por estações de rastreamento (CARLEIAL, 1999).



FIGURA 1 - Sputnik 1
Fonte: NASA, 2015

Em 31 de janeiro de 1958 os Estados Unidos (EUA) lançavam o seu primeiro satélite com sucesso, o Explorer 1, possuía 203 cm e apenas 14 kg. A vida útil desses primeiros satélites era de algumas semanas (NASA, 2015). O Explorer 1 carregava um detector de raios cósmicos elaborado para realizar a medição da radiação do ambiente em órbita da Terra. Através deste instrumento foi possível verificar a existência de um cinturão magnético em torno do nosso planeta, que passou a se chamar “Cinturão de Radiação de Van Allen” (WINTER, 2007).



FIGURA 2 - Explorer 1 e seus inventores
Fonte: NASA, 2015

Na realidade existem dois cinturões de Van Allen, o superior e o inferior, eles possuem partículas altamente carregadas que são aprisionadas pelo campo magnético da Terra. Um satélite que orbite nessas áreas seria rapidamente destruído (TANENBAUM, 2003).

Em virtude dessas camadas, os satélites possuem três regiões básicas na órbita do nosso planeta que podem ser posicionados de forma segura: *Geostationary Earth Orbit* (GEO) – Órbita Terrestre Geoestacionária, *Medium-Earth Orbit* (MEO) – Órbita Terrestre Média e *Low-Earth Orbit* (LEO) – Órbita Terrestre Baixa (TANENBAUM, 2003).

2.3 SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS

Os satélites que aparentam ficar estáticos a um determinado ponto fixo da Terra são chamados de geoestacionários ou GEO. Possuem uma órbita circular equatorial, a uma altitude de aproximadamente 35.800 km. São amplamente utilizados nas comunicações, pois não precisam ser rastreados, tendo em vista que seu posicionamento é fixo, além de possuir uma grande área de cobertura (*footprint*). Com três satélites geoestacionários é possível cobrir quase toda totalidade do globo terrestre (exceto os polos), porém possuem uma latência alta, cerca de 270 milissegundos, tendo em vista que o sinal necessita percorrer um grande percurso de subida e de descida (TANENBAUM, 2003).

2.4 SATÉLITES DE ÓRBITA MÉDIA

Os satélites terrestres de órbita média, também conhecidos como MEO, encontram-se localizados entre os dois cinturões de Van Allen. Eles se deslocam vagarosamente em longitude, e demoram aproximadamente seis horas para circular

a Terra. Necessitam ser acompanhados à medida que se movimentam no céu, pois não se encontram estáticos em relação a um observador na Terra. Em comparação aos satélites GEO, possuem um *footprint* menor, por estarem a uma altitude mais baixa e têm a vantagem de necessitar de transmissores menos potentes. Normalmente os satélites nessas órbitas não são usados nas comunicações. Um exemplo de aplicação que utiliza satélites nesta órbita é o *Global Positioning System* (GPS) (TANENBAUM, 2003).

2.5 SATÉLITES DE ÓRBITA BAIXA

A uma menor altitude estão localizados os satélites de baixa órbita ou LEO. Sua área de cobertura é bem pequena se compararmos aos GEO, em compensação as estações terrenas não necessitam de muita potência para realizar a transmissão e o retardo também é pequeno. Geralmente esses satélites não eram utilizados para comunicação, em virtude de desaparecerem de vista muito rapidamente, porém com o passar do tempo surgiram vários sistemas utilizando essa tecnologia, como por exemplo o *Iridium*, lançado pela Motorola, um projeto que consistia em uma constelação de 66 satélites, sendo que, ao se perder um satélite de vista, outro o substituiria. Uma das características deste sistema é que a comunicação de dois pontos distantes na superfície da Terra é realizada no espaço, através da troca de informações pelos satélites (TANENBAUM, 2003).

Outro sistema que utiliza satélites de baixa órbita é o *Globalstar*, que se baseia em 48 satélites. Sua principal diferença em relação ao *Iridium* é que uma chamada originada em um local que só tenha acesso ao satélite é enviada por uma grande estação terrestre e roteada por uma rede terrestre mais próxima do destino e

depois encaminhada ao satélite que irá finalizar a conexão, ficando a maior complexidade no solo, onde a administração é mais simples (TANENBAUM, 2003).

A demanda comercial desses sistemas se tornou muito pequena em virtude do crescimento espetacular da telefonia móvel. Os maiores clientes desses sistemas são as indústrias de navegação, empresas de exploração de petróleo e pessoas que viajam a regiões isoladas (TANENBAUM, 2003).

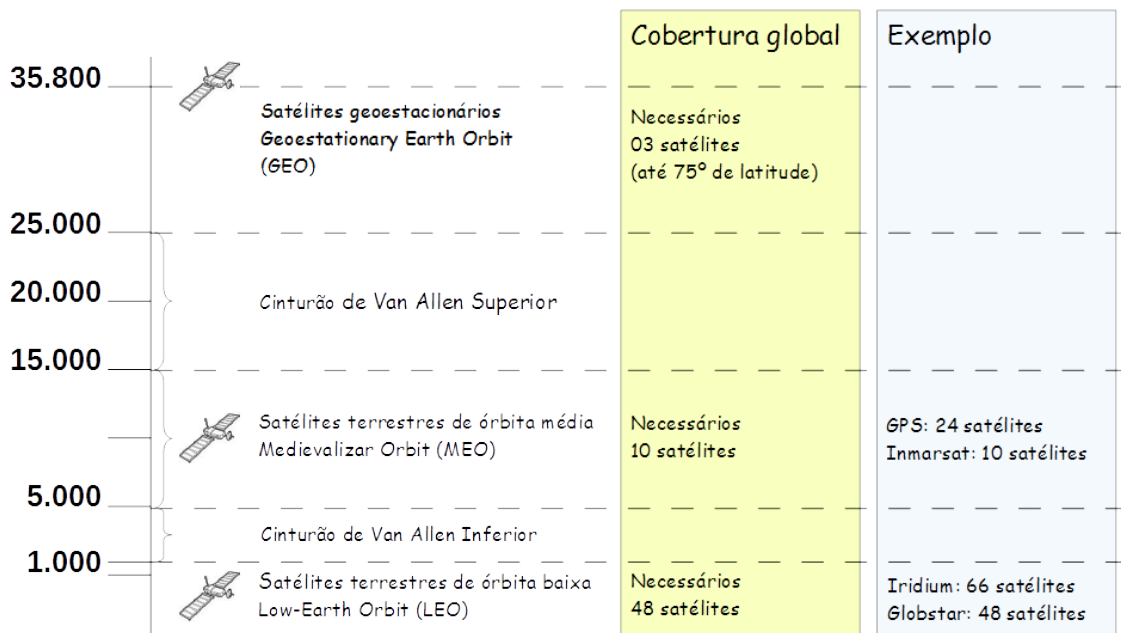


FIGURA 3 – Tipos de órbita
Fonte: Tanenbaum, 2003

2.6 SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS VERSUS DE ÓRBITA BAIXA

Um satélite GEO encontra-se cerca de 60 vezes mais longe da Terra que um outro situado nas baixas órbitas (LEO), o que traz algumas vantagens e desvantagens. A grande vantagem é a quantidade de satélites necessários para que todo globo terrestre esteja coberto, enquanto três de órbita geoestacionária podem cobrir todo o globo (com exceção dos polos), são necessários vários satélites LEO. Como exemplo podemos citar o projeto da *Teledesic*, onde eram previstos 288, o que torna os custos do projeto bem mais elevados (NASSIF, 2001).

Outras vantagens da utilização da órbita geoestacionária é que o processo de posicionamento das antenas é bem simplificado, o que diminui o preço das mesmas, tendo em vista que o satélite se encontra em um ponto fixo sobre a linha do Equador (NASSIF, 2001).

O grande benefício dos satélites LEO é o seu pequeno atraso de propagação, que chega na pior das hipóteses a 80 milissegundos, quando o satélite encontra-se no horizonte, contra 270 milissegundos de um GEO. Porém, sistemas de baixa órbita utilizam grandes constelações, sendo necessária a utilização de uma intensa comunicação entre satélites ou entre as antenas base, que, dependendo das características do projeto, torna o atraso de propagação entre dois pontos muito dependente do roteamento realizado através dessa rede (NASSIF, 2001).

Porém, o maior problema encontrado na utilização dos satélites de órbita baixa é a sua viabilidade econômica, vários dos projetos só conseguiram angariar uma pequena fatia do mercado, sendo os satélites GEO ainda os mais empregados nas comunicações (NASSIF, 2001). Sendo assim, no decorrer deste trabalho, consideraremos sempre as órbitas geoestacionárias.

2.7 SATÉLITES *VERSUS* FIBRA ÓPTICA

As fibras ópticas possuem uma largura de banda absurdamente maior que os providos por um enlace satélite, porém a impossibilidade de levá-las a todos os lugares em virtude do alto custo de infraestrutura ou mesmo pela dificuldade de acesso a determinadas regiões, aliada a mobilidade que os satélites permitem, torna-os um importante meio de comunicação (TANENBAUM, 2003). Porém, é importante para melhoria da comunicação através dos enlaces satélites que os problemas de atraso e largura de banda sejam minimizados.

3 SITUAÇÕES PARA EMPREGO DE ENLACES SATÉLITES EM REDES

Em virtude do seu custo, conexões terrestres de fibra parecem ser a opção ideal para permitir a conectividade de uma rede, porém, em muitas ocasiões, os satélites de comunicação se apresentam como a melhor opção para alguns segmentos do mercado (TANENBAUM, 2003).

De acordo com a União Internacional de Telecomunicações (UIT), podemos classificar os serviços de comunicação via satélite em: serviços fixos de satélite (FSS)² e serviços móveis de satélite (MSS)³. No Brasil, foi adotada pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) a terminologia: satélites geoestacionários e sistemas não geoestacionários.

Para algumas aplicações, é mais adequado o uso dos satélites geoestacionários, como, por exemplo, as transmissões de áudio e vídeo e comunicações comerciais, civis e militares. Já os sistemas não geoestacionários são mais empregados pelos sistemas globais de transmissão de dados e telefonia móveis (SOUZA, 2011).

Segundo Souza (2011), a utilização de enlaces via satélite são adequadas a uma série de aplicações, possuindo, dependendo do caso, uma série de vantagens em relação às tecnologias terrestres, dentre elas:

- a universalidade, representada pela grande cobertura que o satélite proporciona;
- a versatilidade, em virtude de suportar diversos tipos de aplicações, tais como: comunicação de voz, de dados e transmissão de vídeo;
- a confiabilidade, pois os satélites de comunicação são criados para operar ininterruptamente por cerca de 15 anos;

² Em inglês, *fixed-satellite services*.

³ Em inglês, *mobile-satellite services*.

- a uniformidade, já que o satélite mantém o atendimento com a mesma qualidade, conforme características do projeto, independentemente da localização do usuário;
- a rapidez, pois, após colocado em órbita, permite a implementação de novas redes de comunicação em um pequeno intervalo de tempo;
- a expansibilidade, em virtude de permitir diferentes configurações de bandas de frequências e capacidades de transmissão; e
- a flexibilidade, graças a sua característica de permitir uma fácil integração a outras redes.

Estas vantagens das comunicações via satélite tornam o seu emprego corriqueiro em diversas áreas.

No setor de transportes terrestres, as comunicações via satélite podem ser utilizadas pelas frotas de caminhões para permitir o acompanhamento dos veículos, atualizar o controle de entrega das cargas e permitir o apoio em caso de emergências (PROTZEK, 2002).

Enlaces satélites também são muito utilizadas pelas plataformas de petróleo, onde seria inviável economicamente o lançamento de cabos de fibras ópticas para atender esta demanda. O emprego de satélites permite que seja efetuado o controle e monitoramento das operações remotamente, diminuindo assim a quantidade de pessoal embarcado. Possibilita também a utilização de uma série de aplicações, via Internet, não só na parte administrativa, como também para o conforto da tripulação (PROTZEK, 2002).

Em situações de calamidade pública, onde se faz necessário estabelecer a comunicação com uma determinada região, o emprego das comunicações via

satélite permite que seja criada rapidamente uma rede para comunicação de dados e voz, facilitando o trabalho das equipes que estão trabalhando no local.

Outra área que se beneficia com serviço móvel de satélite é o de transporte marítimos/fluvial. É possível efetuar o monitoramento da frota, permitir o acesso do pessoal embarcado à Internet, o que proporciona ao navio o acesso a uma infinidade de informações, tais como boletins meteorológicos, dados de fretes, entre outros.

Na área da inclusão digital, a comunicação via satélite pode fornecer uma série de benefícios, como, por exemplo, no atendimento às áreas rurais e aos municípios que não são contemplados pelas redes de fibra óptica. A Austrália implementou um sistema de comunicação via satélite em complemento à sua rede terrestre a fim de oferecer banda larga às comunidades rurais (SOUZA, 2011).

O satélite de comunicação também possui um caráter estratégico para o país (SOUZA, 2011), ele pode permitir uma rede própria de comunicação fim a fim, sem intermediários (BRASIL, 2015a).

Imagine uma troca de e-mail com informações sobre uma transação comercial estratégica para o governo brasileiro. Quando o remetente aperta a tecla enviar, esse pacote de dados faz um longo caminho até chegar à caixa do destinatário. E, durante o percurso, essas informações ficam vulneráveis. "Os dados ficam expostos e à mercê de políticas de vigilância dos países por onde passam", explica o diretor do Departamento de banda larga do Ministério das Comunicações, Artur Coimbra.

Essa vulnerabilidade, que é prejudicial para a soberania brasileira, está com os dias contados. O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), que está em construção, dará mais segurança às comunicações do país. "Todo esse tráfego de dados será feito por uma rede própria, o que garante o controle da rota que essa informação fará", explica Coimbra.

Por isso, o governo utilizará a blindagem que uma rede própria proporciona para garantir a inviolabilidade de suas comunicações estratégicas (BRASIL, 2015a).

De acordo com Medeiros (2007), a utilização de enlaces satélites é recomendável em países que possuem uma grande área territorial, pois o mesmo

pode realizar um meio alternativo de comunicações, permitindo o estabelecimento de enlaces via satélites entre estações terrenas de qualquer ponto da área de cobertura do satélite.

Um país de tamanho continental como o Brasil, com uma área de 8.515.767,049 km² sendo seus pontos extremos praticamente equidistantes⁴, com 4.394,7 km no sentido norte-sul e 4.319,4 km no sentido leste-oeste, além de uma costa que cobre 7.367 km, e 15.719 km de fronteiras⁵, não pode abrir mão de possuir um satélite para utilização na sua infraestrutura de comunicação. Primeiro, não existe viabilidade econômica para atender todos os pontos do território com uso de tecnologias terrestres, podemos citar como exemplo as áreas rurais. Em segundo lugar, o tempo necessário para se instalar redes terrestres, como a de fibra ópticas, pode ser muito longo, em virtude da distância entre a área a ser atendida e o centro urbano que vai fornecer a conectividade necessária. Um satélite de comunicação pode prover o atendimento simultâneo a todas as localidades que se encontram dentro de sua área de cobertura (SOUZA, 2011). Por último, os satélites geoestacionários fornecem um alto ângulo para as antenas por ele atendidas nas proximidades da linha do Equador, reduzindo as atenuações que são causadas, principalmente pelas folhas das árvores, caso da Amazônia (PROTZEK, 2002).

O Governo Federal possui o programa Governo Eletrônico – Serviço de Atendimento ao Cidadão (Gesac), que tem por objetivo levar o acesso à Internet para os espaços públicos localizados em áreas remotas e/ou excluídas. A Figura 4 retrata uma pesquisa realizada pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), realizada em dezembro de 2013, onde foi constatado que 53% dos telecentros em

⁴ Dados obtidos no site do IBGE, disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 30 ago. 2015.

⁵ Dados obtidos no site do IBGE, disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/mao-na-roda/posicao-e-extensao>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

funcionamento utilizam conexão via satélite (CGI.BR, 2014). Isto demonstra a importância deste tipo de tecnologia.

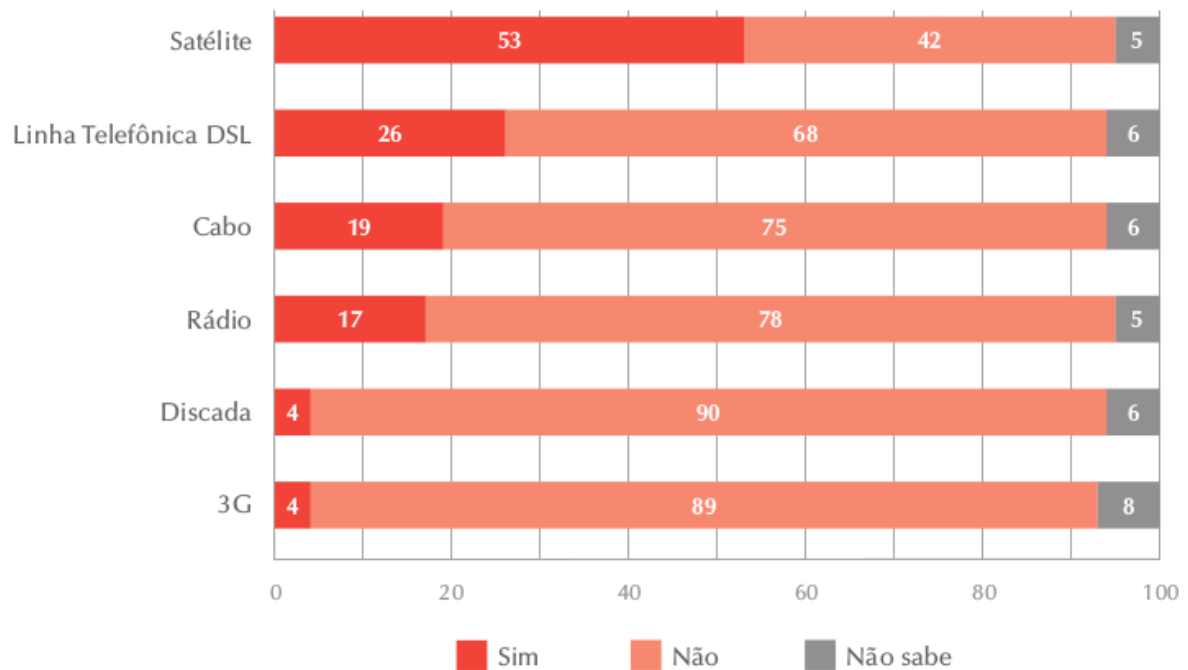


FIGURA 4 – Proporção de Telecentros em funcionamento por tipo de conexão
Fonte: CGI.BR, 2014

Este trabalho tem como foco a utilização de sistemas de comunicação via satélite em locais onde este enlace proverá a conectividade para diversos equipamentos, pois, neste caso, se não houver um uso otimizado do *link*, o mesmo poderá ser comprometido, inviabilizando sua utilização.

4 OTIMIZANDO O ENLACE

A partir da década de 1990 diversas aplicações surgiram, principalmente com o advento da navegação Web. As pessoas passaram a utilizar cada vez mais a Internet em suas residências e em seus locais de trabalho. A Web funciona por demanda, diferente do rádio e televisão, sendo assim, o usuário recebe o que quer, no momento que ele precisa (KUROSE, 2010, p. 72). A quantidade de dispositivos fixos e móveis utilizados em uma rede cresce a cada dia, aliada a necessidade cada vez maior de consumo de informações *on-line*. No início, os acessos eram realizados basicamente a páginas *web*, e-mails e fotos. Hoje, existe uma grande demanda de áudio e vídeo que consome muito mais banda (KNIGHT, 2014, p. 6-8). Quando se utiliza enlaces com uma largura de banda limitada, torna-se necessário estudar uma forma de não sobrecarregar os mesmos, sendo assim, é importante verificar como é possível minimizar o consumo da banda.

Enlaces via satélite possuem uma capacidade limitada e alto preço se comparada a outras tecnologias, principalmente no Brasil, o que vem a corroborar com a necessidade de otimizar o uso dos *links* via satélite. A capacidade limitada e alto custo podem ser observados no trecho a seguir:

Conforme o levantamento feito pelo ministério, enquanto as ofertas de 1 a 18 Mbps da banda Ka podem ser encontradas no mercado mundial a preços que variam de US\$ 30 a US\$ 740 por mês, no Brasil, os preços praticados pela banda Ku para 256 Kbps a 3 Mbps (maior capacidade oferecida encontrada) variam de R\$ 500 a R\$ 3,5 mil por mês. (MOMENTO EDITORIAL, 2014).

A seguir serão elencadas algumas formas de se tentar evitar o consumo desnecessário de banda, visando assim a otimização do enlace.

4.1 ATUALIZAÇÕES DE SOFTWARE

Manter as atualizações dos sistemas operacionais e aplicativos nos servidores e nas estações de trabalho de uma rede é essencial para evitarmos vulnerabilidades. A maioria dos desenvolvedores de *softwares* disponibilizam atualizações (*patches*, *hot fixes*, *service packs*) para sanar problemas de segurança descobertos, sendo estas correções disponibilizadas na Internet (CERT.BR, 2015, p. 93-94).

Como a conexão à Internet, normalmente, é um recurso dividido, isto é, existe apenas um *link* que é acessado por todos os usuários da rede, este processo de atualização dos equipamentos tem o problema de ocupar grande banda das conexões de Internet, em determinados horários. Se a rede possuir n equipamentos, serão realizados n downloads para obter as atualizações na grande rede. Na Figura 5, para se manter os equipamentos da rede atualizados é necessário que todas as máquinas acessem os servidores de atualização localizados na Internet (SOUZA, 2010, p. 22, 25 e 27).

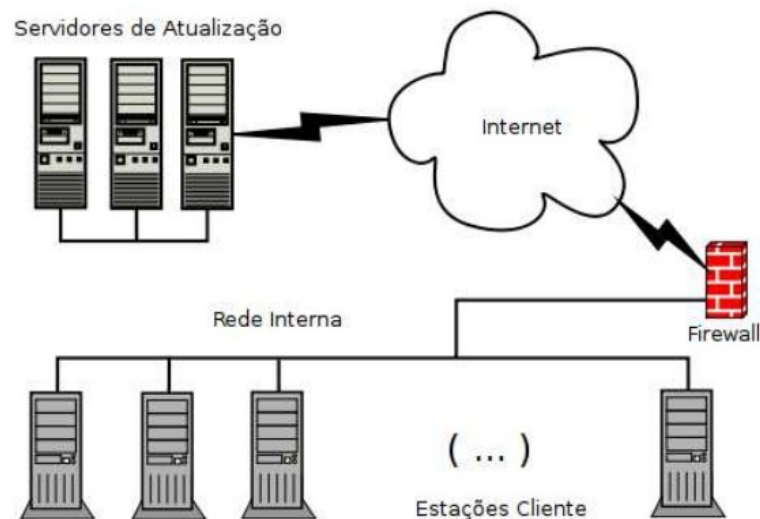


FIGURA 5 – Diagrama genérico de uma rede acessando os servidores de atualização.

Fonte: Souza, 2010

Uma forma de minimizar esta adversidade é o agendamento das atualizações em horários onde o *link* de internet não é utilizado, porém, nestes horários a grande maioria dos equipamentos está desligada. Outro modo de sanar este problema é através da utilização de um servidor na rede local que será responsável pela atualização de todos ou de grande parte dos servidores e estações de trabalho da rede. Este equipamento irá funcionar como um repositório das atualizações disponibilizadas pelo fabricante na Internet. Em uma rede local com n equipamentos será necessário apenas um download a fim de que o repositório de atualizações possa disponibilizar as atualizações necessárias para o restante da rede. Na Figura 6 apenas o servidor de atualização irá ocupar o *link* de Internet para manter seus *softwares* na última versão (SOUZA, 2010, p. 22, 25 e 27).

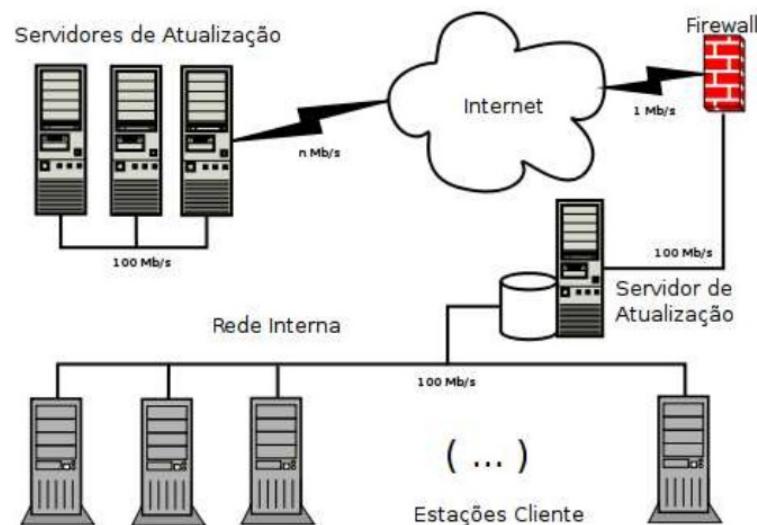


FIGURA 6 – Diagrama genérico de uma rede utilizando servidor de atualização espelho.

Fonte: Souza, 2010

O sistema operacional Linux utiliza o conceito de espelhamento de servidores para a distribuição de seus pacotes. Estes pacotes são centralizados em um servidor chamado *mirror*. Este equipamento irá concentrar todas as versões de *softwares* utilizados pela rede em questão. Ele irá realizar os acessos à Internet para

obter as novas atualizações de sistemas operacionais, aplicativos e utilitários, e as demais máquinas da rede irão acessá-lo para obter estas atualizações, sem gerar tráfego no *link* de dados externo. Esta solução também traz a vantagem de homogeneizar as versões de *softwares* instaladas nos servidores e estações de trabalho. (AMARAL, 2011).

Para atualização de máquinas que utilizam o sistema operacional Windows, existe o *Windows Server Update Services* (WSUS), um utilitário que é instalado em um servidor e centraliza, em uma única máquina, o *download* dos pacotes de atualização da Microsoft, para que, posteriormente, as estações da rede acessem este servidor para buscar as atualizações (MICROSOFT, 2015).

É importante configurar estes servidores que centralizam a atualização de *softwares* na rede para realizarem a busca de novos pacotes/programas durante horários de pouca utilização do enlace de Internet, para que os *downloads* de novas atualizações, principalmente se forem grandes, não impactem no acesso dos usuários à grande rede.

4.2 SERVIDOR *PROXY*

Outra forma para otimização de um enlace é a utilização de servidores *proxy*, que permitem o compartilhamento de uma conexão de Internet com vários equipamentos dentro de uma rede local. O modo de operação de um *proxy* é diferente do compartilhamento de uma conexão direta, via NAT. No compartilhamento direto os equipamentos acessam a Internet sem nenhuma restrição, já o *proxy* analisa todo o tráfego, guardando informações para o seu uso posterior e separando o que deve ou não passar pelo *link* de internet (MORIMOTO, 2011, p. 133).

A utilização de *proxies* se tornou importantíssima, pois o aumento da necessidade dos usuários da rede efetuarem acessos à Internet criou uma enorme demanda para o enlace que provê este acesso, reduzindo a largura de banda disponível, conforme citado por Pinheiro (2001):

[...] A popularização da Web gerou sobrecarga na Internet e nos servidores, acarretando maiores tempos de resposta às requisições. Quando são feitos pedidos para servidores em links lentos, existe geralmente uma demora considerável na recuperação de objetos remotos. Além disso, a alta taxa de transferência de objetos pela rede leva a um aumento de tráfego que acaba reduzindo a largura de banda disponível e, também, introduzindo atrasos perceptíveis pelo usuário. [...] (PINHEIRO, 2001).

Proxy nada mais é que um *software* que atua como elo de ligação entre a aplicação do cliente e o serviço a ser acessado, realizando a interpretação das solicitações e repassando-as ao servidor destino (RICCI, 2006, p. 1 e 2).

Um servidor *proxy* disponibiliza serviços que são inseridos no perímetro da rede, funcionando como intermediário entre uma rede local e a Internet (RICCI, 2006, p. 1). Estes serviços são o *cache* de páginas e arquivos, através do armazenamento de páginas já acessadas e o controle de acesso e *log* das páginas de Internet, onde é possível impor restrições de acesso baseados no horário, *login*, IP da estação de trabalho etc, bem como realizar um registro de tudo o que foi acessado e por quem (MORIMOTO, 2011, p. 134 e 135).

4.2.1 Cache

De acordo com Colouris *et al.* (2013) o serviço de *cache* é a realização do armazenamento dos dados utilizados há pouco tempo, em um local mais próximo do solicitante. Quando um dado novo é recebido, ele é adicionado ao *cache*.

Uso de cache: uma *cache* consiste em realizar um armazenamento de objetos de dados recentemente usados em um local mais próximo a um cliente, ou a um conjunto de clientes em particular, do que a origem real dos objetos em si. Quando um novo objeto é recebido de um servidor, ele é adicionado na *cache* local, substituindo, se houver necessidade, alguns objetos já existentes. Quando um processo cliente requisita um objeto, o serviço de *cache* primeiro verifica se possui armazenado uma cópia atualizada desse objeto; caso esteja disponível, ele é entregue ao processo cliente. Se o objeto não estiver armazenado, ou se a cópia não estiver atualizada, ele é acessado diretamente em sua origem. As caches podem ser mantidas nos próprios clientes, ou localizadas em um servidor *proxy* que possa ser compartilhado por eles (COLOURIS *et al.*, 2013, p. 49).

Localmente, os navegadores Web mantêm no sistema de arquivos do cliente um *cache* das páginas recentemente acessadas. Antes de exibir as páginas ao cliente ele verifica nos servidores originais se as mesmas estão atualizadas. O servidor *proxy* (Figura 7) disponibiliza um *cache* compartilhado para vários usuários de um ou vários *sites* (COLOURIS *et al.*, 2013, p. 49).

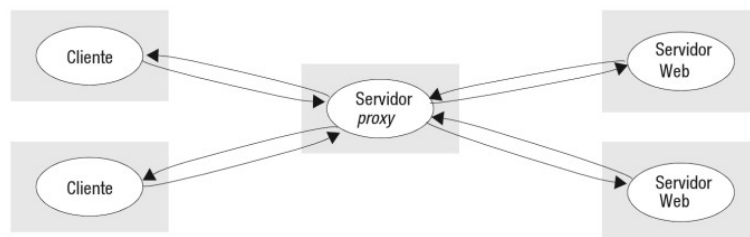


FIGURA 7 – Servidor *proxy* Web
Fonte: Colouris *et al.* (2013, p. 50)

Servidores *proxies* que trabalham como *cache* armazenam cópias das principais páginas mais próximas do usuário, diminuindo assim o tráfego no enlace, fazendo ainda que os usuários da Web tenham uma resposta mais rápida de suas solicitações à Internet. Este esquema pode ser observado na Figura 8. Uma página que, normalmente, poderia levar vários segundos para ser carregada no navegador do usuário, pode ser carregada quase que imediatamente com a utilização de *cache*, com a grande vantagem de não onerar o enlace da rede com a Web (GOMES, 2013).

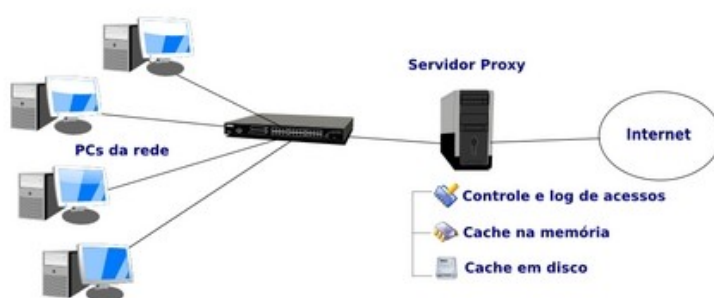


FIGURA 8 – Esquema de uma rede com um servidor *proxy* Web
 Fonte: Morimoto (2011, p. 134)

Segundo Morimoto (2011), um sistema de cache economiza bastante banda, tornando o acesso mais rápido do que um acesso realizado sem cache. A utilização de caches próximos ao usuário pode diminuir consideravelmente o tráfego no *backbone*, tendo em vista que quando um conteúdo é armazenado no *cache*, torna-se desnecessário o acesso ao servidor de origem, permitindo assim um menor consumo de banda (GOMES, 2013). O tempo de acesso a uma página é um importante indicador de qualidade de um site para o usuário (GOMES, 2013).

4.2.2 Controle de Acesso

Outro serviço disponibilizado pelo *proxy* é o controle de acesso às páginas da Internet, funcionando como um filtro de conteúdo. Este serviço permite uma grande flexibilidade ao administrador de uma rede, pois admite que seja realizada a filtragem das páginas que estão sendo acessadas por um determinado cliente, baseado no conteúdo apresentado (RICCI, 2006, p. 125). Também é possível exigir uma autenticação dos usuários para acesso à Internet, admitindo o controle de quem tem acesso à Web e a que sites, além de possibilitar a auditoria dos acessos (MORIMOTO, 2011, p. 150 e 152).

Através da filtragem de conteúdo, pode-se impor diversas restrições de acesso à Internet, baseado no horário de acesso, no *login*, no endereço IP da estação do usuário, dentre outros, além de permitir o bloqueio de páginas com conteúdo indesejado, de acordo com a política estabelecida pela organização (MORIMOTO, 2011). Esta filtragem de páginas através do bloqueio de acessos que são considerados impróprios também auxilia na redução do consumo de banda, tendo em vista que o *proxy* evita tráfego no enlace de informações de páginas que não deveriam ser consultadas, além de diminuir a possibilidade que a rede seja infectada por vírus ou *worms* que são adquiridos de sites impróprios (RICCI, 2006, p. 4).

4.3 SERVIDORES DE SINCRONISMO DE HORA

O sincronismo de hora dos servidores e ativos de uma rede é essencial para o correto funcionamento de diversas aplicações, tais como: sistemas de arquivo, agendadores de eventos, criptografia, aplicações de tempo real, replicação de banco de dados distribuídos, dentre outros. O sincronismo também é fundamental na área de segurança computacional, pois permite que os incidentes de segurança sejam analisados corretamente, tendo em vista que sem o sincronismo seria bem mais difícil realizar uma auditoria nos equipamentos envolvidos (UNICAMP, 2015).

O *Network Time Protocol* (NTP), ou protocolo de tempo para redes, é o protocolo que permite que os relógios dos ativos de uma rede (servidores, estações de trabalho, roteadores, *switches*, *firewalls*, etc) estejam sincronizados em relação às referências de tempo confiáveis (CGI.BR, 2015b).

O protocolo NTP utiliza pouquíssima banda de Internet, porém temos que levar em consideração que um enlace via satélite possui limitações de banda. Para

manter o sincronismo, o NTP necessita realizar, no pior caso, uma consulta a cada 64 segundos a três outros servidores de referência, no mínimo. Com o passar do tempo as consultas passam a ser mais espaçadas, até que se tenha uma a cada 17 minutos, que é o melhor caso (CGI.BR, 2015).

Os pacotes NTP possuem um pouco menos que 100 bytes. Se considerarmos que se tenha três servidores NTP na rede (que é o mínimo recomendado) e que cada um desses servidores realiza consultas a cinco referências, teremos, no pior caso, o seguinte valor (CGI.BR, 2015):

$$\frac{3 \text{ servidores} \times 5 \text{ referências} \times 100 \text{ bytes/consulta}}{64 \text{ s/consulta}} \cong 23 \text{ bytes/s}$$

No melhor caso:

$$\frac{3 \text{ servidores} \times 5 \text{ referências} \times 100 \text{ bytes/consulta}}{1020 \text{ s/consulta}} \cong 1 \text{ byte/s}$$

A Tabela 1 apresenta o consumo de banda NTP. O campo “Ativos” indica o número de equipamentos da rede que estarão realizando consultas utilizando o enlace de internet, no caso da rede não possuir servidores dedicados para este fim.

TABELA 1 – Ocupação de um enlace para consulta NTP

Ativos	Referências	Bytes por consulta	Tempo de cada consulta (s)		Consumo em Bytes/s	
			Pior Caso	Melhor Caso	Pior Caso	Melhor Caso
100	5	100	64	1.020	781	49
200	5	100	64	1.020	1.563	98
300	5	100	64	1.020	2.344	147
400	5	100	64	1.020	3.125	196
500	5	100	64	1.020	3.906	245
600	5	100	64	1.020	4.688	294
700	5	100	64	1.020	5.469	343
800	5	100	64	1.020	6.250	392
900	5	100	64	1.020	7.031	441
1.000	5	100	64	1.020	7.813	490

Em virtude do baixo consumo de banda do NTP, sua utilização visando a otimização do enlace deve ser muito bem avaliada, pois a complexidade e o custo podem não compensar a economia de *link* de Internet, que representa 1,88% de um

enlace de 1 Mbps, no pior caso, e um consumo de 0,18% no melhor caso, em uma rede com 300 equipamentos consultando o NTP.

4.4 SERVIDOR DE CORREIO ELETRÔNICO

Outro recurso básico da Internet que se utiliza no dia a dia das corporações, empresas e pessoas é o correio eletrônico, vulgarmente conhecido como e-mail (*electronic mail*) que nada mais é que uma aplicação que permite que os usuários troquem mensagens entre si (FOROUZAN, 2013, p. 63), muitas vezes contendo anexos, tais como: *hiperlinks*, textos formatados em HTML, fotos, áudio e vídeo (KUROSE, 2009, p. 87).

Cada usuário que deseja utilizar o serviço de correio eletrônico deve possuir uma caixa postal, normalmente chamada de e-mail, localizada em um servidor de correio eletrônico. Uma mensagem que sai de um determinado remetente é encaminhada até o servidor de correio dele, depois segue até o servidor de correio do destinatário, onde fica armazenada (Figura 9). Quando o destinatário desejar acessar as mensagens de sua caixa postal, este irá acessar o seu servidor de e-mail (KUROSE, 2009, p. 88).



FIGURA 9 – Topologia macro para troca de e-mails na Internet.

O e-mail deve utilizar um sistema de endereçamento único e é constituído por duas partes: a primeira é a caixa postal do usuário e a segunda o nome de domínio, atribuído a cada servidor de e-mail, conforme Figura 10 (FOROUZAN, 2013, p. 66).



FIGURA 10 – Estrutura do endereço de e-mail

A troca de mensagens entre os servidores ocorre normalmente pela Internet. Quando os usuários se encontram no mesmo domínio, não será necessário que o servidor encaminhe a mensagem para nenhum outro, bastando manter a mesma armazenada para posterior consulta do destinatário.

A manutenção de um servidor de correio eletrônico é uma tarefa trabalhosa e dispendiosa, em virtude da necessidade de se preocupar com a segurança do equipamento, manter um sistema *anti-spam*, administrar a base de dados de e-mails, dentre outros. Em virtude dessas dificuldades, um grande número de administradores de rede tem escolhido por utilizar serviços de e-mail disponíveis na Internet, terceirizando assim a administração do(s) servidor(es) de correio eletrônico (MORIMOTO, 2011, p. 461). Porém, esta escolha tem como desvantagem a necessidade do usuário ter sempre que utilizar o enlace de Internet para consultar o seu e-mail.

Em redes onde o *link* de Internet deve ser poupado, como no caso de enlaces via satélite, a escolha de se trabalhar com um servidor de e-mail localizado na Internet deve ser muito bem avaliada, tendo em vista que o servidor de correio local evita a utilização da Internet para troca de mensagens de usuários localizados em uma mesma rede, o que é muito comum em empresas e instituições (SILVA, 2014).

4.5 FIREWALL

O *firewall* permite que seja efetuado o controle de acesso entre a rede de uma organização (por exemplo) e à Internet. Ele permite que os pacotes que entram e saem da rede sejam controlados através de regras especificadas pelo administrador

da rede, isto é, o *firewall* realiza a filtragem de pacotes. Na Figura 11 é apresentado o posicionamento do *firewall* entre a rede interna e a Internet (KUROSE, 2009, p. 535 e 536).

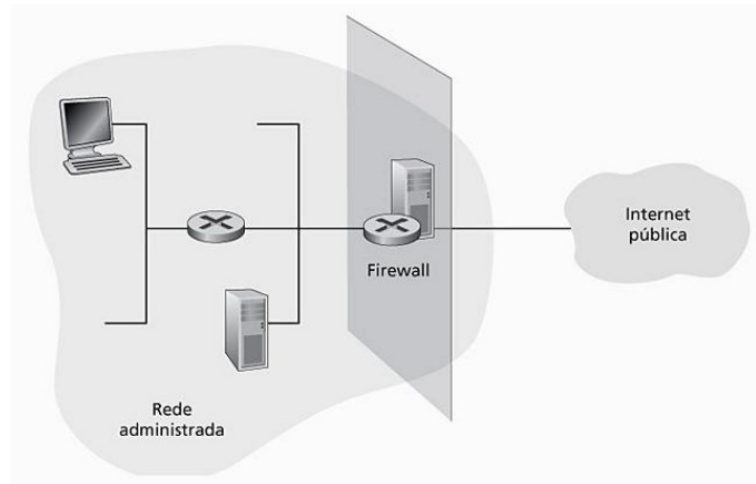


FIGURA 11 – Posição do *firewall* entre a rede administrada e o mundo exterior
Fonte: Kurose (2009, p. 536)

O *firewall* é configurado baseado na política da organização, que pode visar a produtividade do usuário, preocupações de segurança e o uso da largura de banda. O Quadro 1 contém uma relação de exemplos que podem ser utilizados em uma organização para filtragem de pacotes (KUROSE, 2009, p. 537).

Quadro 1 – Exemplos de políticas e regras de filtragem de pacotes

Política	Configuração de firewall
Não há acesso exterior à Web	Abandonar todos os pacotes de saída para qualquer endereço IP, porta 80
Não há conexões TCP de entrada	Abandonar todos os pacotes TCP SYN para qualquer IP exceto 130.207.244.203, porta 80
Impedir que rádios Web comam a largura de banda disponível	Abandonar todos os pacotes UDP de entrada – exceto pacotes DNS
Impedir que sua rede seja usada por um ataque DoS <i>smurf</i>	Abandonar todos os pacotes <i>ping</i> que estão indo para um endereço “ <i>broadcast</i> ” (por exemplo, 130.207.255.255)
Impedir que a rota de sua rede seja rastreada	Abandonar todo o tráfego de saída expirado ICMP TTL

Fonte: Kurose (2009, p. 537)

Como se verifica no Quadro 1, pode ser incluída uma regra no *firewall* para impedir que os usuários da rede de uma organização monopolizem o acesso à Web com aplicações de rádio via Internet. Várias são as possibilidades, permitindo assim que o administrador de rede evite o desperdício de banda (KUROSE, 2009, p. 537).

4.6 QUALIDADE DE SERVIÇO

A Qualidade de Serviço, do inglês, *Quality of Services* (QoS) é uma nomenclatura para indicar uma série de medidas aptas a fornecer um tratamento específico para diferentes tráfegos. Essa tecnologia permite a otimização do uso da banda garantindo um tráfego fim a fim mais eficaz. Ela permite que seja realizado o transporte de tráfegos como vídeo, voz e dados, simultaneamente, de modo harmônico (CLOUDCAMPUS, 2008).

A qualidade na transmissão é determinada por: latência, *jitter*, perda de pacotes e banda passante, sendo que estes são um dos principais problemas dos enlaces via satélite, logo o QoS se torna indispensável para redes que utilizam *links* com esta tecnologia (CLOUDCAMPUS, 2008).

4.7 CORREIO MÓVEL

O uso de dispositivos pessoais tais como *tablets* e *smartphones* popularizou o uso do correio móvel. De maneira simplificada, este serviço funciona da seguinte forma: um servidor recebe a demanda dos dispositivos móveis e encaminha a solicitação para o servidor de correio em que o usuário possui a sua conta (IBM, 2016). A Figura 12 apresenta uma topologia básica para o serviço de correio móvel.

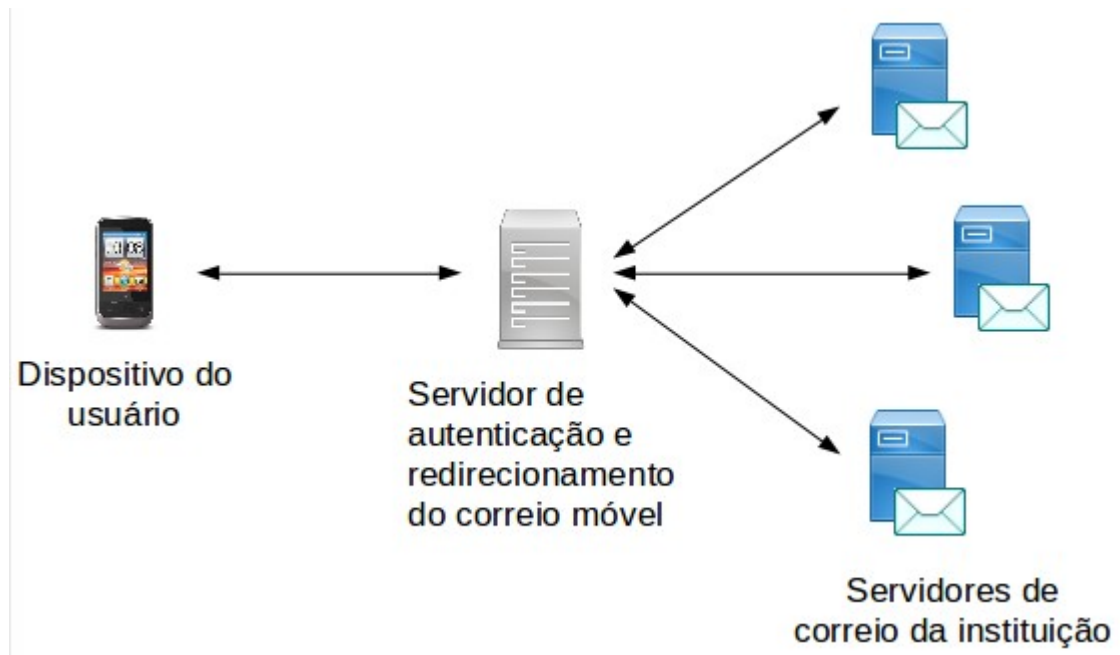


FIGURA 12 – Topologia de um serviço de correio móvel que utiliza um enlace para comunicação entre o servidor de autenticação e o servidor de correio

A utilização deste serviço em enlaces satélites não é aconselhável em virtude da alta latência entre o servidor de autenticação e redirecionamento do correio móvel e os servidores de correio ser alta. Na aplicação de correio móvel da IBM, o *Notes Traveler*, é recomendado que estes servidores estejam acessíveis através de uma conexão de banda alta, com tempos de resposta de *ping* menor que 50 ms, a fim de que não ocorram problemas, comprometendo todo o sistema (IBM, 2016).

5 TOPOLOGIAS PROPOSTAS PARA A OTIMIZAÇÃO DOS ENLACES

Para o correto funcionamento das ferramentas citadas no capítulo anterior, é necessário ter bem mapeada a atuação delas em conjunto, bem como em quais situações elas devem ser empregadas.

Um enlace satélite pode prover a conexão de uma rede local tanto à Internet quanto à Intranet. A seguir será apresentada uma topologia para um navio, tendo em vista que o mesmo possui diversas características que podem impactar no enlace, tais como: mobilidade, área para instalação da antena, dentre outros.

5.1 ESTAÇÃO MÓVEL NAVAL (EMN)

Para permitir a conexão à Internet e/ou Intranet os navios são equipados com uma Estação Móvel Naval (EMN). Estas EMN possuem uma antena estabilizada que permite manter o apontamento entre ela e o satélite, mesmo estando a embarcação em movimento, através de uma *interface* que é conectada à agulha giroscópica⁶ do navio. Assim, o posicionamento da embarcação é enviado para a EMN, que se encarrega de realizar as correções dos três eixos de estabilização, permitindo que o navio, mesmo em deslocamento, disponha de acesso à Intranet e à Internet e realização de chamadas telefônicas (GALANTE, 2011). Em virtude do balanço e caturro do navio, uma antena grande e pesada causaria um desgaste acentuado nos motores que mantêm a estabilização, por este motivo é desaconselhável a utilização de uma antena muito grande a bordo. Esta menor antena reduz a largura de banda disponível para a embarcação. Na Figura 13 pode ser observada uma antena estabilizada e seu respectivo *radome*, que é uma cúpula para a proteção da antena

⁶ Instrumento desenvolvido em substituição à agulha magnética para indicação do norte verdadeiro que provê os dados de direção, balanço (jogo do navio no sentido transversal, de um bordo para outro) e caturro (jogo do navio no sentido proa à popa). Tem a vantagem de não sofrer interferências de material magnético ou equipamentos elétricos, além de permitir a transmissão de informações para outros equipamentos (FONSECA, 1989, p. 697) (MIGUENS, 1996, p. 73 e 96).

contra a ação do vento, chuva, maresia, neve, fumaça da chaminé, etc (ITI-RCS, 2016). A Figura 14 apresenta uma EMN sendo instalada em uma embarcação e a Figura 15 uma antena não estabilizada de um terminal móvel.



FIGURA 13 – Antena estabilizada e respectivo *radome*
Fonte: MCR (2016)



FIGURA 14 – Antena da EMN do Navio-Patrolha Oceânico “Araguari”
Fonte: Defesanet (2015)



FIGURA 15 – Terminal móvel
Fonte: Horewicz (2014)

A EMN é um terminal VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) que possui uma antena estabilizada responsável pela transmissão e recepção do sinal para comunicação com uma Estação Central (*Hub Station*) utilizando um satélite como repetidor (TANENBAUM, 2003). Esta Estação Central fornecerá ao meio a banda de comunicações necessária para conexão à Internet e/ou Intranet, permitindo a utilização de uma variedade de aplicações de dados/voz. O sinal da antena será distribuído ao modem e em seguida ao roteador, onde se pode dizer que se inicia a rede local do navio (IOSAT, 2016). Na Figura 16 é apresentada a integração da EMN com o *Hub*.

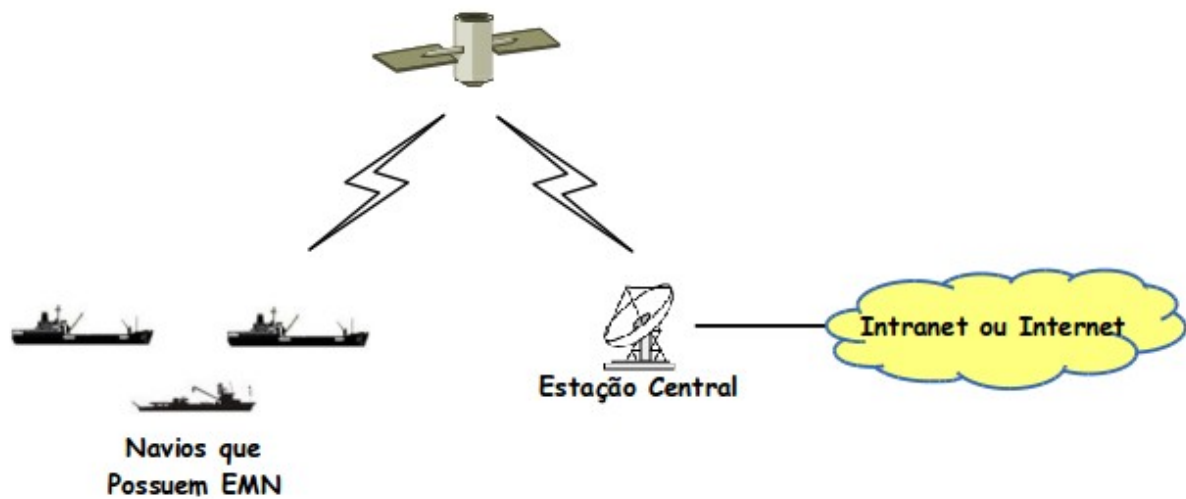


FIGURA 16 – Integração da EMN com o *Hub*

Ao instalar uma antena em uma embarcação é necessário o cuidado na escolha de sua posição, a fim de que haja a mínima influência de objetos, tais como: anteparas, mastros e outros equipamentos, evitando-se assim a perda de conectividade quando o navio estiver em movimento. As Figuras 17 e 18 apresentam antenas instaladas, sendo que a primeira se encontra posicionada em região que permite um pequeno arco cego, já a segunda, apresenta grande área obstruída, o que prejudica o estabelecimento e a estabilidade do enlace.



FIGURA 17 – Antena instalada com pequeno arco cego



FIGURA 18 – Antena instalada com grande arco cego

5.2 TOPOLOGIA DA REDE LOCAL UTILIZANDO UMA EMN

Como já citado, navios possuem enlaces de pequena banda em virtude do tamanho da antena que normalmente é instalada por problemas de espaço e jogo (balanço e caturro) do navio. Logo, é importante usar na rede local de uma embarcação as ferramentas citadas no Capítulo 4 a fim de minimizar o consumo de banda.

Após o roteador, a primeira ferramenta instalada é o *firewall*, que permite a filtragem de pacotes entre a rede do navio e a Internet, evitando assim o desperdício de banda (KUROSE, 2009, p. 537). A justificativa para instalação do *firewall* após o roteador, e não entre o roteador e o modem, é que muitos modems utilizam portas seriais, implicando na necessidade de instalação de um conversor de mídia entre o modem e o *firewall* (CISCO, 2015b). Porém, em virtude da maresia oxidar rapidamente os contatos, evita-se a instalação de equipamentos que poderão funcionar como pontos de falha para todo o sistema. Após o *firewall* é instalado um *switch* que irá fornecer as conexões lógicas para o restante da embarcação. A Figura 19 apresenta esta topologia.

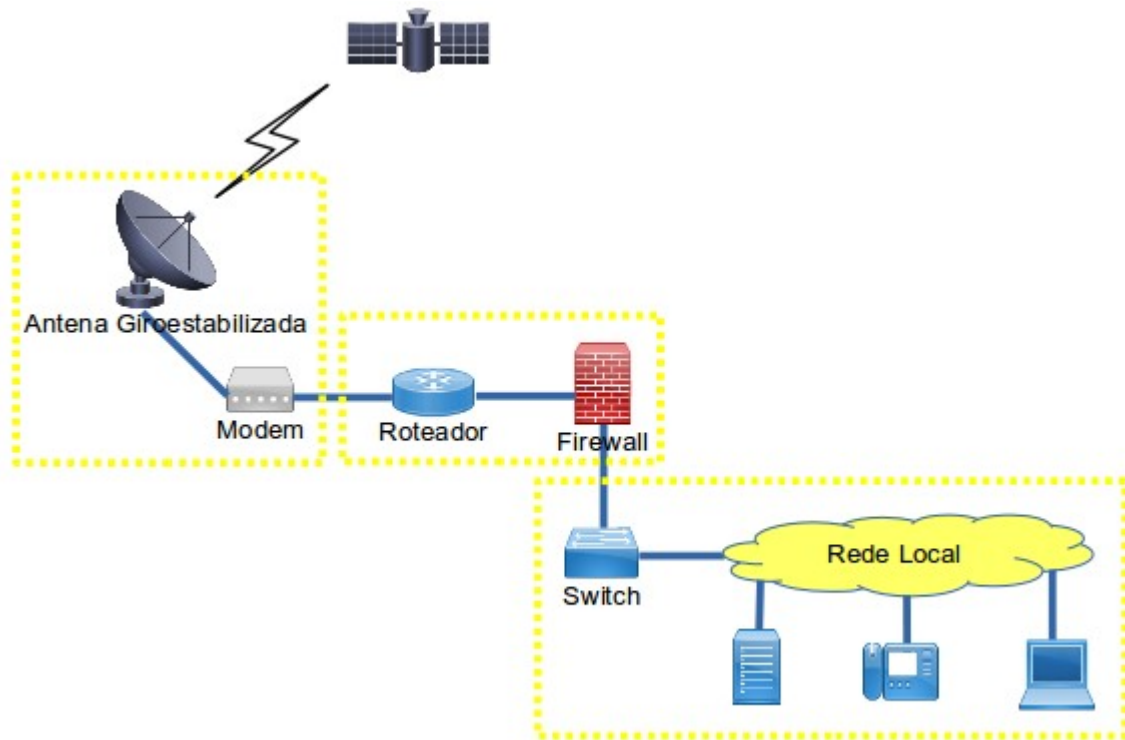


Figura 19 – Topologia macro proposta para LAN de um navio

O crescimento de dispositivos portáteis tais como *laptops*, *smatphones* e *tablets* gera, muitas vezes, a necessidade de se ter nestas redes isoladas acesso para estes dispositivos particulares (MARTINHO; FÁTIMA, 2013). Para isso é criada uma rede segregada, por questões de segurança, que será chamada de rede recreativa. A rede utilizada para fins institucionais será chamada de rede administrativa. Ambas as redes estão conectadas ao *firewall*.

Também conectado diretamente ao *firewall* encontra-se o servidor *proxy* para *cache* de páginas e arquivos, além de controle de acesso dos usuários (MORIMOTO, 2011, p. 134 e 135).

Em um segmento da rede administrativa encontram-se o servidor *mirror*, que irá centralizar as atualizações de máquinas que utilizam o sistema operacional Linux (AMARAL, 2011) e o *Windows Server Update Services* (WSUS), que irá centralizar o *download* das atualizações da Microsoft (MICROSOFT, 2015). Outro recurso que

será instalado neste segmento é o correio eletrônico que irá permitir a troca de mensagens entre os usuários (FOROUZAN, 2013, p. 63). Na Figura 20 está desenhada esta topologia, onde já se encontram posicionados os equipamentos que irão otimizar o enlace desta rede.

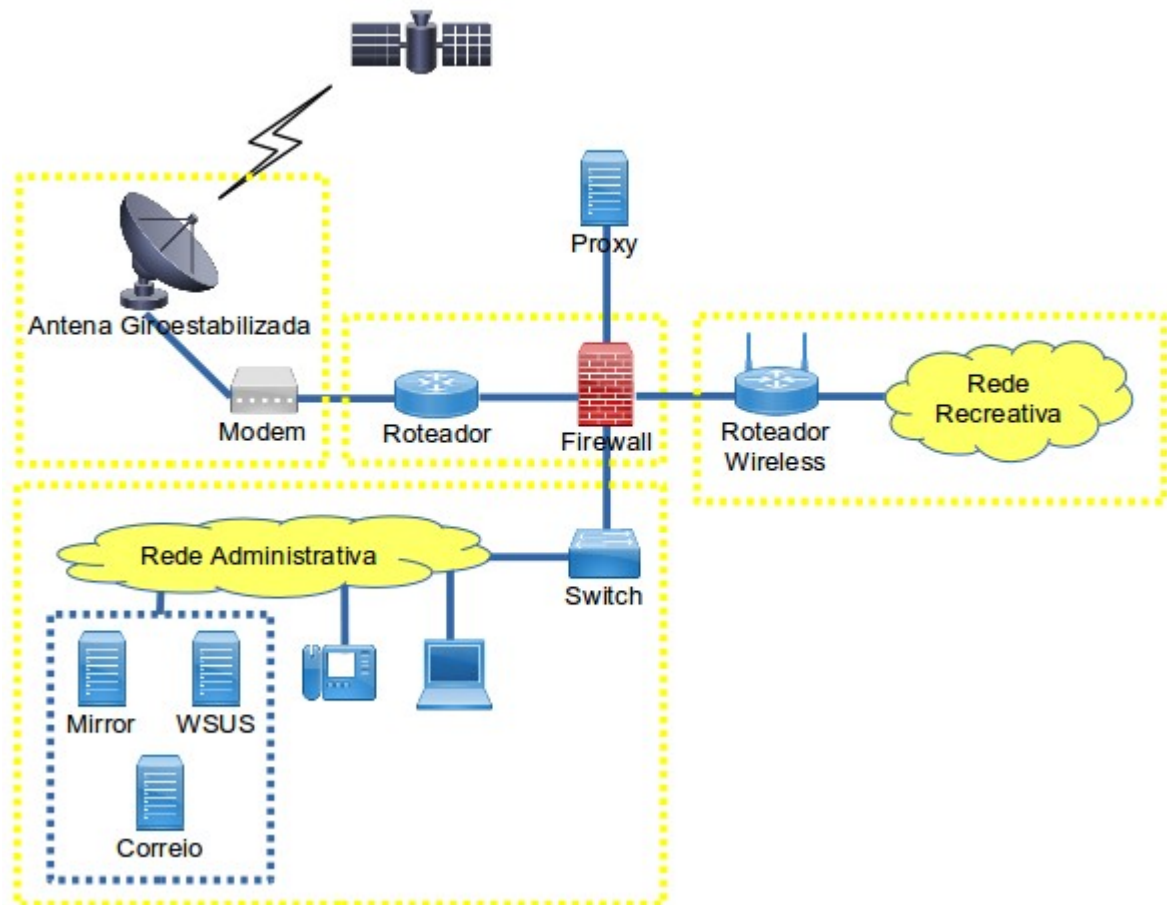


Figura 20 – Topologia proposta para LAN de um navio

O motivo dos servidores de atualização (*mirror* e WSUS) e o correio eletrônico ficarem localizados dentro da rede administrativa é que uma indisponibilidade de qualquer equipamento localizado antes do *switch* não vai impactar no trâmite interno de mensagens do correio eletrônico. Também será possível que servidores e estações de trabalho se atualizem com as últimas versões disponíveis nos servidores de atualização. Caso um novo servidor ou estação de trabalho seja

instalado, ele poderá obter nestes servidores as últimas atualizações recebidas por eles, homogeneizando as versões de *softwares* instaladas (AMARAL, 2011).

Já o serviço de *proxy* fica localizado fora da rede administrativa, tendo em vista que sua utilização só se justifica caso o navio esteja com conectividade, pois sua função é fazer *cache* de páginas e controle de acesso à Internet. Ressalta-se também que este *proxy* pode ser utilizado também para o controle de acesso dos usuários da rede recreativa (RICCI, 2006, p. 125).

É importante a utilização de QoS na rede, tanto para que o tráfego da rede recreativa não prejudique a rede administrativa, como também para permitir a priorização dos serviços mais sensíveis, como voz e vídeo, já que se trabalha em uma rede que é alimentada por um enlace satélite de banda reduzida e alta latência (CLOUDCAMPUS, 2008) (TANENBAUM, 2003). Algumas aplicações de elevado volume de dados podem produzir sequências de grandes pacotes, provocando congestionamento na rede, prejudicando, por exemplo, pacotes pequenos de tráfego interativo VoIP (*Voice over Internet Protocol*), que demandam pouca banda. Em aplicações de e-mail e navegação Web é mais importante que o pacote chegue ao seu destino, já o atraso não é muito importante. Porém, em aplicações de áudio e vídeo, a variação do tempo de atraso de chegada dos pacotes sucessivos de um fluxo pode tornar a comunicação impraticável (FARIAS, 2015). Ao se aplicar QoS no roteador da rede local é possível que determinados tipos de tráfego tenham tratamento preferencial em detrimento de outros, evitando perdas e atrasos destes (CISCO, 2015a) (FARIAS, 2016).

6 CONCLUSÃO

A necessidade de acesso à Internet nas mais diversas situações é premente, sendo que em várias ocasiões o uso do satélite é o único recurso que viabiliza este acesso. Porém, a alta latência, em virtude da necessidade de se percorrer um grande percurso de subida e de descida, e a pequena largura de banda, quando comparada às fibras ópticas, pode prejudicar o uso desta tecnologia (TANENBAUM, 2003).

O objetivo desse trabalho foi desenvolver uma topologia básica que permitisse a redução do consumo de banda passante quando se utiliza o satélite como canal de conexão de rede local à Internet, através da utilização de algumas ferramentas e determinadas configurações nos servidores. A solução proposta baseia-se em *firewalls*, servidores *proxy*, servidores de atualização de sistemas operacionais e aplicativos, e servidor de correio eletrônico. Estas ferramentas permitem que se evite o acesso indiscriminado de todos os dispositivos de uma rede local com uma pequena banda passante para acesso à Internet. Ao invés de todos os equipamentos da rede utilizarem o *link* de dados para realizar atualizações e consultas à Internet, estes equipamentos centralizam estas atualizações e consultas e distribuem as mesmas para o restante da rede. Assim, a finalidade destes equipamentos nada mais é que evitar a utilização desnecessária do enlace.

Importante observar que nem sempre a centralização de serviços em uma rede local é a solução mais apropriada. Como visto no Capítulo 4, a implementação de servidores de sincronismo de hora neste tipo de rede iria gerar uma economia muito pequena do *link* de Internet, porém iria aumentar a complexidade e custo. Em outra situação, a do correio móvel, foi verificado que a alta latência do enlace satélite compromete este serviço (IBM, 2016).

A topologia proposta neste trabalho baseou-se não só na otimização do enlace, mas também em problemas que pudessem ocorrer nos ativos de rede, ou no próprio enlace. Assim, mesmo com a indisponibilidade de um ativo de rede, como por exemplo, o *firewall*, os usuários conseguiriam utilizar sua rede internamente. Esta preocupação se deve ao fato destas redes, muitas vezes, serem utilizadas em navios e plataformas, onde nem sempre se tem disponível os equipamentos e pessoal qualificado para o reestabelecimento em curto prazo da conectividade da rede local. Também foi incluída nesta topologia uma rede que atendesse aos dispositivos particulares dos usuários.

Ressalta-se a importância do QoS, pois sem ele a rede recreativa poderia prejudicar a atividade da rede administrativa, bem como a sua importância para priorização dos serviços de voz e vídeo sobre os demais.

A principal contribuição deste trabalho foi balizar os equipamentos básicos necessários que permitem uma diminuição no consumo do enlace, sem a necessidade de intervenção da operadora do enlace satélite, facilitando, assim, a instalação de novas redes com estas características. Esta solução pode ser empregada não somente em redes que utilizam enlaces satélites, como também em redes que possuem o seu enlace principal saturado.

Como trabalhos futuros sugere-se o estudo detalhado das configurações a serem empregadas nestas ferramentas utilizadas para otimização do enlace, a fim de facilitar ainda mais a implementação de novas redes com estas características.

REFERÊNCIAS

AMARAL, F. V. et al. **Facilidade de atualização de softwares através da utilização de servidores *mirror***. São Paulo, 2011.

ASSANGE, J.; APPELBAUM, J.; MÜLLER-MAGUHN, A.; ZIMMERMANN, J. **Cypherpunks: liberdade e o futuro da Internet**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2013.

BARRADAS, O. **Você e as telecomunicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

BLOG CLOUDCAMPUS NETWORKING ACADEMY - CLOUDCAMPUS. **QoS (Qualidade de Serviço): Parte I**. 2008. Disponível em: <<http://blog.ccna.com.br/2008/08/07/qos-qualidade-de-servico-parte-i/>>. Acesso em: 4 out. 2015.

BRASIL. Decreto nº 56.435, de 8 de junho de 1965. Promulga a Convenção de Viena sobre Relações Diplomáticas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 8 jun. 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D56435.htm. Acesso em 14 jun. 2015.

_____. Ministério das Comunicações. **Saiba os benefícios do satélite geoestacionário**. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/sala-de-imprensa/todas-as-noticias/institucionais/36448>>. Acesso em: 30 ago. 2015a.

CARLEIAL, A. B. **Panorama e história da conquista espacial: uma breve história da conquista espacial**. Revista Parcerias Estratégicas. Brasília, nº 7, p. 21-30, 26 out. 1999.

Centro de Estudos, Resposta e Tratamento de Incidentes de Segurança no Brasil – CERT.br. **Cartilha de Segurança para Internet**. 2ª Edição. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://cartilha.cert.br/livro/cartilha-seguranca-internet.pdf>>. Acesso 28 set. 2015.

CISCO. **Exemplos da configuração de QoS do Cisco Catalyst 3750**. 2015a. Disponível em: <http://www.cisco.com/cisco/web/support/BR/104/1044/1044441_cat3750-qos-config.html>. Acesso em: 01 fev. 2016.

_____. **Firewalls de próxima geração Cisco ASA 5500-X Series**. 2015b. Disponível em: <http://www.cisco.com/web/BR/assets/pdfs/asa_5500-X_series_next_gen_ds_pt_br.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2016.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL – CGI.br. **FAQ: Quanto de banda Internet o NTP gasta?** São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://ntp.br/faq.php>>. Acesso em: 1 set. 2015.

_____. **O NTP: O Funcionamento do NTP**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://ntp.br/ntp.php>>. Acesso em: 1 set. 2015b.

_____. **O que é SPAM.** São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.antispam.br/conceito/>>. Acesso em: 1 set. 2015c.

_____. **TIC Centros Públicos de Acesso 2013:** Pesquisa sobre o Uso de Telecentros no Brasil. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.cgi.br/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-tic-centros-publicos-de-acesso-2013/>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

CORRÊA. I. C. S. **Satélites artificiais.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

COULORIS, George; DOLLIMORE, Jean; KINDBERG, Tim; BLAIR, Gordon. **Sistemas Distribuídos:** Conceitos e projeto. 5a ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

DEFESANET. **DCTIM instala primeiro terminal de comunicações por satélite dos NPaOc Classe Amazonas.** 2015. Disponível em: <<http://www.defesenet.com.br/naval/noticia/18307/DCTIM-instala-primeiro-terminal-de-comunicacoes-por-satelite-dos-NPaOc-Classe-Amazonas/>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

DRUCKER, P. **Gestão do conhecimento.** 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

FARIAS, Claudio Miceli de. **QoS em Redes.** Rio de Janeiro: Slide, 2015. Color.

FLORENZANO, T. G. **Os satélites e suas aplicações.** São José dos Campos: SindCT, 2008. (Série Espacializando).

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval - Volume 2.** 5. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação Geral da Marinha, 1989.

GALANTE, Alexandre. **Estação Móvel Naval do NAE São Paulo.** 2011. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2011/02/25/estacao-movel-naval-do-nae-sao-paulo/>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

GOMES, A. J. D. **Estratégias de implementação de cache para otimização de serviços Web.** Orientador: Ricardo Sabatine. Marília, 2013. 73 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação), Centro Universitário Eurípides de Marília, 2013.

HOREWICZ, Marcelo Corrêa. **Emprego de Comunicações por Satélite no SISFRON.** 2014. 51 f. TCC (Especialização) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2014.

IBM. **Notes Traveler 9.0.1.** 2013. Disponível em: <http://infolib.lotus.com/resources/domino/traveler/9.0.1/tr901abd0002/ptg/NotesTraveler.html#LNT_overview>. Acesso em: 27 jan. 2016.

INFINITE TECHNOLOGIES, INC. RADOMES AND COMPOSITE STRUCTURES (ITI-RCS). **Radomes.** Disponível em: <<http://compositeradomes.com/Products/Radomes?gclid=CJvOken2ycoCFYefHwodRZgOpw>>. Acesso em: 27 Jan. 2016.

IOSAT. **VSAT Marítimo**. Disponível em: <<http://www.io-sat.com/index.aspx?id=4445>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

KNIGHT, P. T. **A Internet no Brasil**: origens, estratégia, desenvolvimento e governança. Bloomington: Authorhorse, 2014.

KUROSE, J. F.; ROSS K. W. **Redes de Computadores e a Internet**: uma abordagem *top-down*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

MARTINHO, Ana Pinto; FÁTIMA, Branco di (Org.). **INTERNET**: Comunicação em Rede. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa, 2013.

MCR. **Antenas Giroestabilizadas**. Disponível em: <<http://mcrtvtelevision.weebly.com/proyectos.html>>. Acesso em: 27 Jan. 2016.

MEDEIROS, J. **Princípios de telecomunicações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Érica, 2007.

MICROSOFT. **Implantar o Windows Server Update Services na sua empresa**. 2015. Disponível em: <<https://technet.microsoft.com/pt-BR/library/hh852340.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2015.

MIGUENS, Altineu Pires. **Volume I - Navegação costeira, estimada e em águas restritas**. Rio de Janeiro: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1996.

MOMENTO EDITORIAL. **Mais de 70 satélites irradiam sobre o Brasil, mas banda larga ainda é muito cara**: O lançamento de novos satélites em banda Ka pode reverter a situação, avalia o Mincom. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.telesintese.com.br/mais-de-70-satelites-irradiam-sobre-o-brasil-mas-banda-larga-ainda-e-muito-cara/>>. Acesso em: 26 set. 2015.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Belo Horizonte: UFV, 2011.

MORIMOTO, C. E. **Servidores Linux, guia prático**. Porto Alegre: Sul Editores, 2011, 735p.

NASSIF, L. N. **Internet via satélite**: as expectativas da comunicação em banda larga e as implicações tecnológicas. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Estudos da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte, 2001.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. **Multimedia**. Disponível em: <http://www.nasa.gov/centers/stennis/multimedia/index.html#VX4H7EY0-2p>. Acesso em: 10 jun. 2015.

OLIVEIRA, I. P. M.; CASTRO, L. F. **Estudo do comportamento do TCP/IP em enlaces via satélite**. Orientador: Sebastião do Nascimento Neto. Brasília, 2002. 99 f. Projeto Final (Graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2002.

PINHEIRO, João Carlos. **Avaliação de Políticas de Substituição de Objetos em Caches na Web**. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, USP/ICMC, 2001.

PORTELA, P. H. G. **Direito internacional público e privado**. 7 ed. Salvador: JusPODIVM, 2015.

PROTZEK, M. A.; DESCARDECI, J. R. **Aplicações, serviços e arquiteturas de rede em sistemas de satélites geoestacionários de comunicação**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, São Paulo: Editora Mackenzie, n. 3, 2002. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/issue/view/154>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

RICCI, Bruno; MENDONÇA, Nelson. **Squid – Solução Definitiva**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006, 152p.

SOUZA, P. E. C. **O uso de “servidores espelho” como uma solução para atualização dos sistemas operacionais visando a melhoria da segurança de uma rede em uma organização militar**. Salvador, 2010. Disponível em: <http://www.esfcex.ensino.eb.br/revista/producaocientifica/arquivo/430_TCC.pdf>. Acesso: 28 set. 2015.

SOUZA, R. A. F.; SILVA, C. R. P. **Reflexões sobre o uso de satélites como infraestrutura complementar ao programa nacional de banda larga**. Radar, Brasília: Ipea, n. 15, out. 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/110905_radar15.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2015.

TANENBAUM, A. S. **Redes de computadores**. 4. ed. Amsterdam: Campus, 2003.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. Sincronismo de Horário. Campinas, 2015. Disponível em: <<http://www.ccuec.unicamp.br/ccuec/ntp>>. Acesso em: 30 set. 2015.

WINTER, O. C. et al. **A conquista do espaço: do Sputnik à Missão Centenário**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2007.